



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

COMPARACIÓN MEDIANTE PROCESOS
DE SIMULACIÓN MECÁNICA ENTRE UN
SISTEMA DE SUSPENSIÓN DE UN NLR Y
NUEVO SISTEMA

Autor: Jorge Tapia

Director: Ing. Jaime Molina, M.Sc.

OBJETIVO GENERAL

- COMPARAR LA BALLESTA DEL CAMIÓN NLR VERSUS DOS PROTOTIPOS DISEÑADOS, MEDIANTE UN PROCESO DE SIMULACIÓN MECÁNICA, PARA BUSCAR UN PROTOTIPO QUE SEA MÁS ECONÓMICO Y PRESTE LAS MISMAS FUNCIONES QUE LA ORIGINAL

JUSTIFICACIÓN

- DEBIDO A LAS DISCONFORMIDADES PRESENTADAS POR LOS CLIENTES AL CONCESIONARIO AUTOMOTORES CONTINENTAL SE HA VISTO LA NECESIDAD, DE REALIZAR UNA COMPARACIÓN ENTRE LA BALLESTA ACTUAL DEL CAMIÓN NLR Y DOS PROTOTIPOS: EL UNO DE CONFIGURACIÓN PARABÓLICA Y EL OTRO DE CONFIGURACIÓN RECTA, UTILIZANDO EL MATERIAL VIGENTE EN LA NORMATIVA ECUATORIANA INEN 3017, A TRAVÉS DE VARIAS SIMULACIONES SE ANALIZARA EL COMPORTAMIENTO DE: DEFORMACIÓN TOTAL, ESFUERZO DE VON-MISSES Y FACTOR DE SEGURIDAD DE LOS PROTOTIPOS I Y II PARA ANALIZAR LOS RESULTADOS Y CONCLUIR CUAL ES LA CONFIGURACIÓN MÁS ADECUADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS BALLESTAS

BALLESTA

- TIENE LA FUNCIÓN DE ABSORBER LA ENERGÍA GENERADA POR LOS IMPACTOS DEL NEUMÁTICO PRODUCTO DE LAS IMPERFECCIONES DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO

PARTES DE LA BALLESTA



MATERIAL DE LA BALLESTA

- SEGÚN LA NORMA INEN 3017 DISPONE QUE LOS RESORTES DE LAMINAS (BALLESTAS) DEBEN SER:
- ACERO SAE 5160 CON UN TRATAMIENTO TÉRMICO DE TEMPLE Y REVENIDO A 200°C
- DUREZA BRINELL HB SE ENCUENTRE EN UN RANGO DE 617-630

TRATAMIENTO TÉRMICO

Temple es un proceso que obtiene mayor dureza y resistencia mecánica del acero

Revenido es proceso que obtiene aumentar la tenacidad y dejarle al acero con la dureza deseada

BALLESTA DEL CAMIÓN NLR

Datos Ballesta Camión NLR.

| | |
|---|------------------------|
| Material de la ballesta | AISI 6150 |
| Módulo de Elasticidad | 190 - 210 GPa |
| Resistencia a la tracción, último (Sut) | 670 MPa |
| Resistencia a la fluencia, tracción (Sy) | 415 MPa |
| Distancia entre los apoyos de la Ballesta | 1050 mm |
| Ancho de la ballesta | 70 mm |
| Espesor | 18mm |
| Numero de hojas de la ballesta | 5 |
| Peso soportado por la ballesta | 1800 kg |
| Frecuencia | 100 Vibraciones/minuto |



METODOLOGÍA

Project A2:Engineering Data

Filter Engineering Data Engineering Data Sources

Toolbox

- Physical Properties
- Linear Elastic
- Hyperelastic Experimental Data
- Hyperelastic
- Chaboche Test Data
- Plasticity
- Creep
- Life
- Strength
- Gasket
- Viscoelastic Test Data
- Viscoelastic
- Shape Memory Alloy
- Damage
- Cohesive Zone
- Fracture Criteria

Outline of Schematic A2: Engineering Data

| | A | B | C | D |
|---|----------------------------------|--------|---|---|
| 1 | Contents of Engineering Data | source | | Description |
| 2 | Material | | | |
| 3 | AISI 6150 | | | |
| 4 | Structural Steel | | | Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1 |
| * | Click here to add a new material | | | |

Table of Properties Row 2: Density

| | A | B |
|---|-----------------|-------------------------------|
| 1 | Temperature (F) | Density (g cm ⁻³) |
| 2 | 400 | 7,85 |
| * | | |

Properties of Outline Row 3: AISI 6150

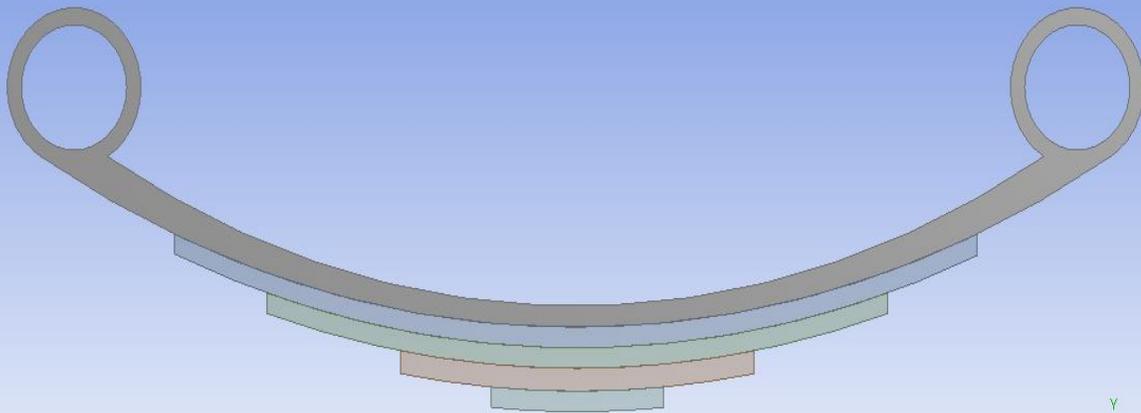
| | A | B | C | D | E |
|----|------------------------|-----------------|--------------------|---|---|
| 1 | Property | Value | Unit | | |
| 2 | Density | 7,85 | g cm ⁻³ | | |
| 3 | Isotropic Elasticity | | | | |
| 4 | Derive from | Young's Modu... | | | |
| 5 | Young's Modulus | 2,1E+05 | MPa | | |
| 6 | Poisson's Ratio | 0,3 | | | |
| 7 | Bulk Modulus | 1,75E+11 | Pa | | |
| 8 | Shear Modulus | 8,0769E+10 | Pa | | |
| 9 | Field Variables | | | | |
| 10 | Temperature | Yes | | | |
| 11 | Shear Angle | No | | | |
| 12 | Degradation Factor | No | | | |
| 13 | Tensile Yield Strength | 1860 | MPa | | |

Chart of Properties Row 2: Density

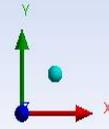
Ready

Show Progress Show 0 Messages

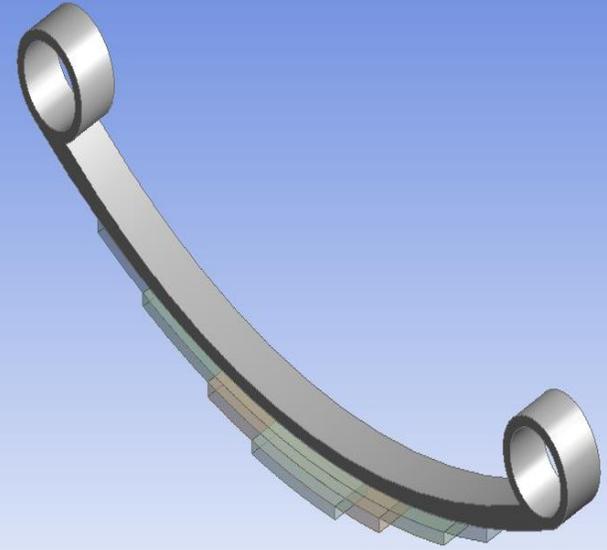
ANSYS
R16.2



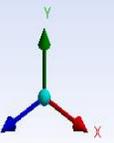
0,00 100,00 200,00 300,00 400,00 (mm)



ANSYS
R16.2



0,00 125,00 250,00 375,00 500,00 (mm)

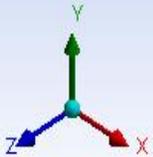
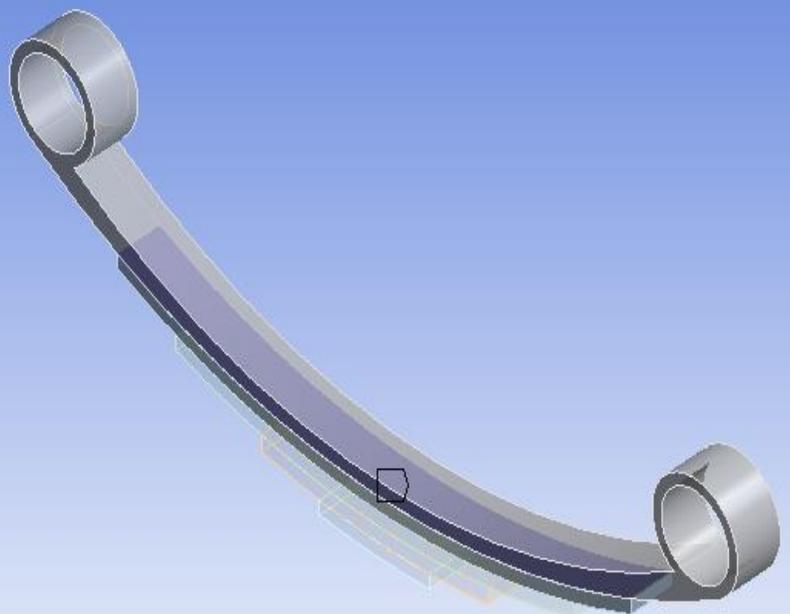


Contact Region

20/6/2016 1:29

 Contact Region

ANSYS
R16.2

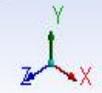


Geometry | Print Preview | Report Preview

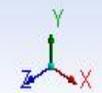
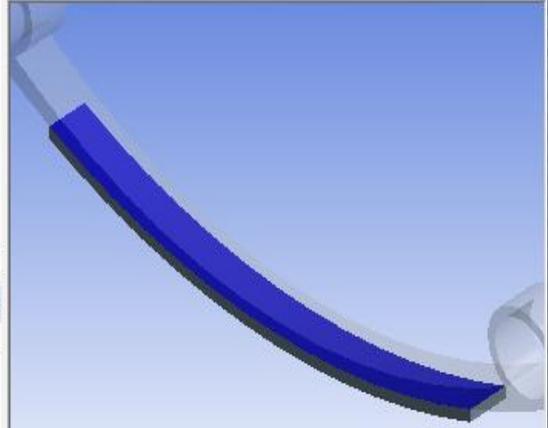
Messages

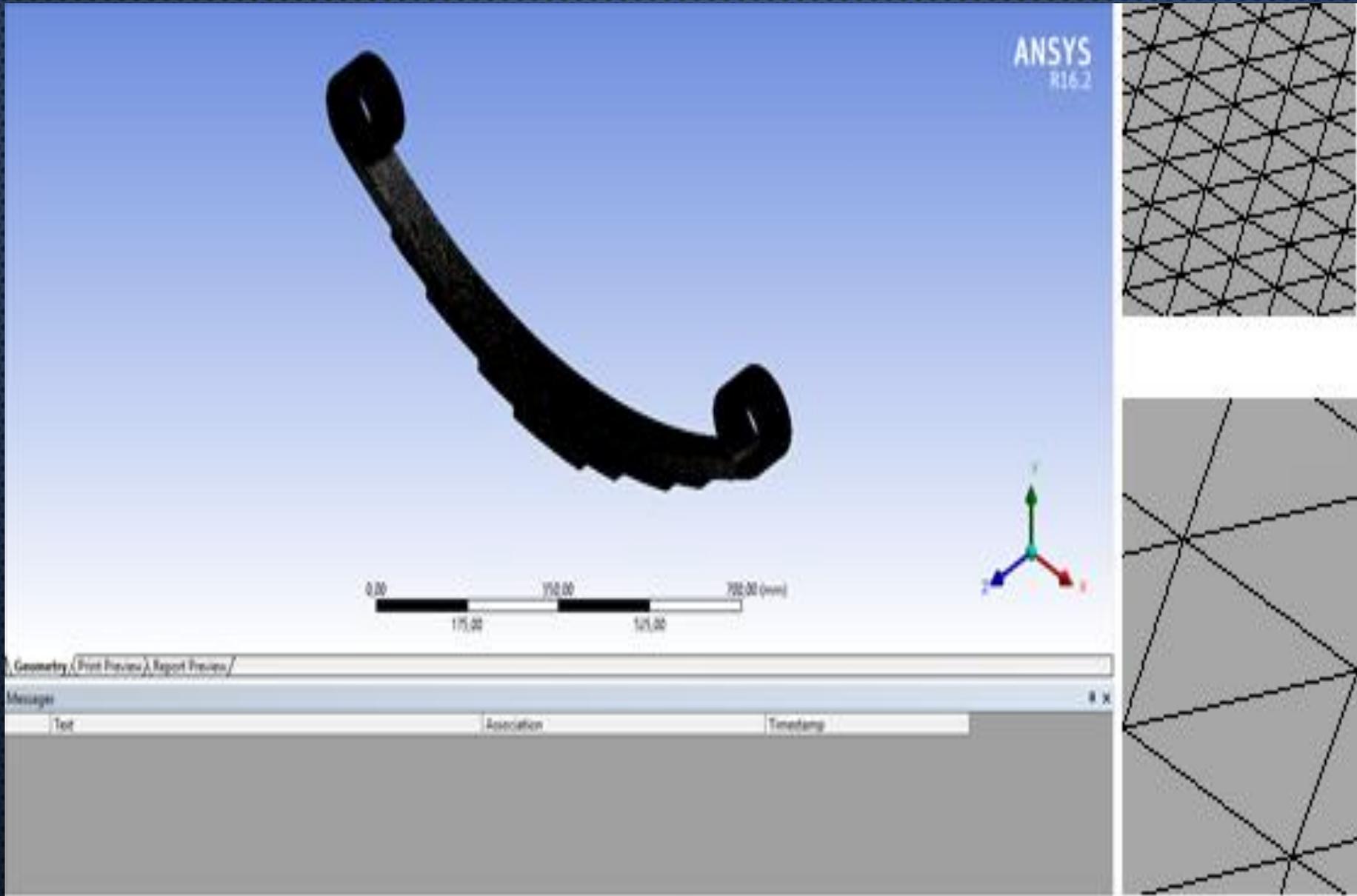
| Text | Association | Timestamp |
|------|-------------|-----------|
| | | |

Contact Body View



Target Body View





A: Ballesta Trasera NLR

Fixed Support

Time: 1, s

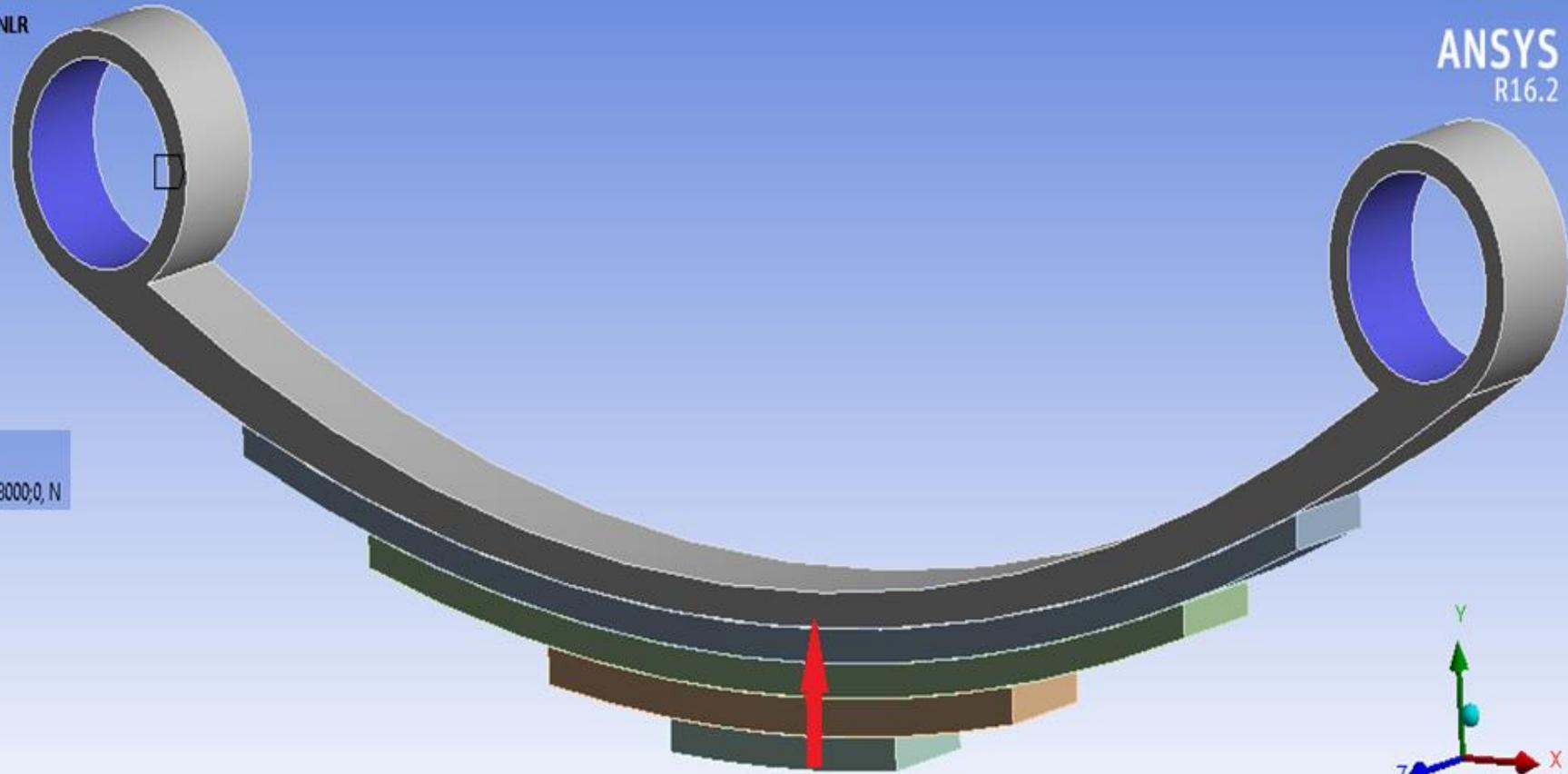
20/6/2016 2:19

Fixed Support

Force: 18000 N

Components: 0,18000,0, N

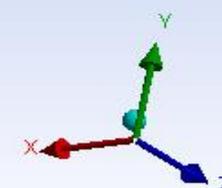
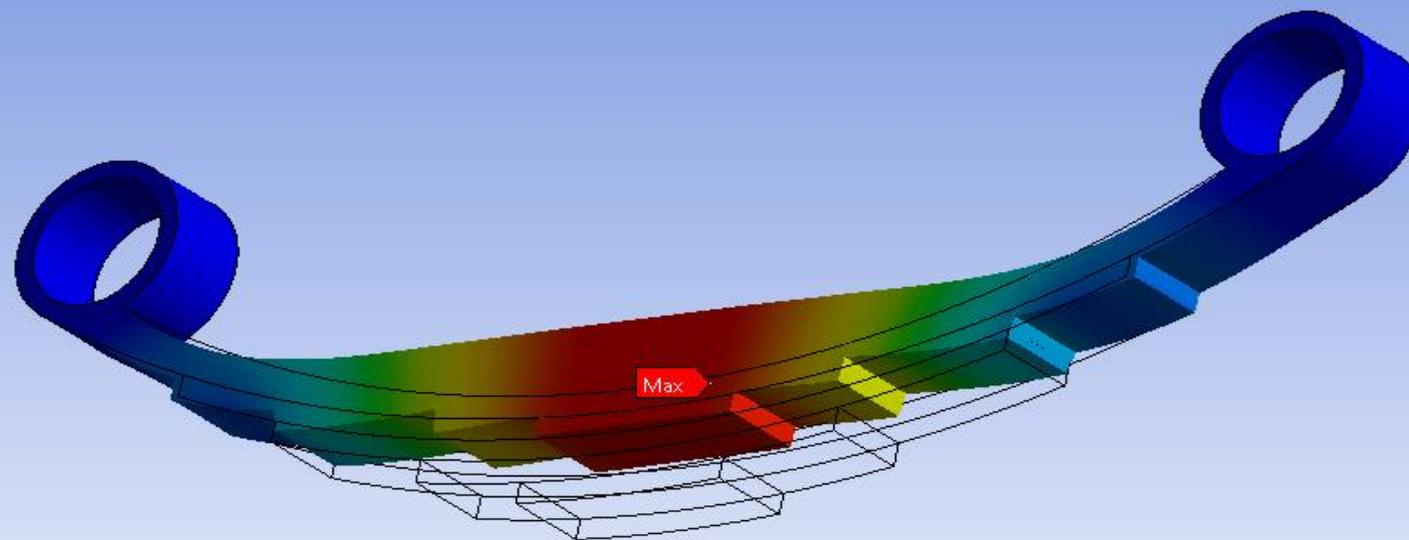
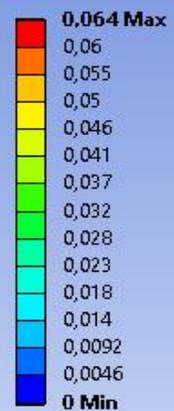
ANSYS
R16.2



0,00 75,00 150,00 225,00 300,00 (mm)

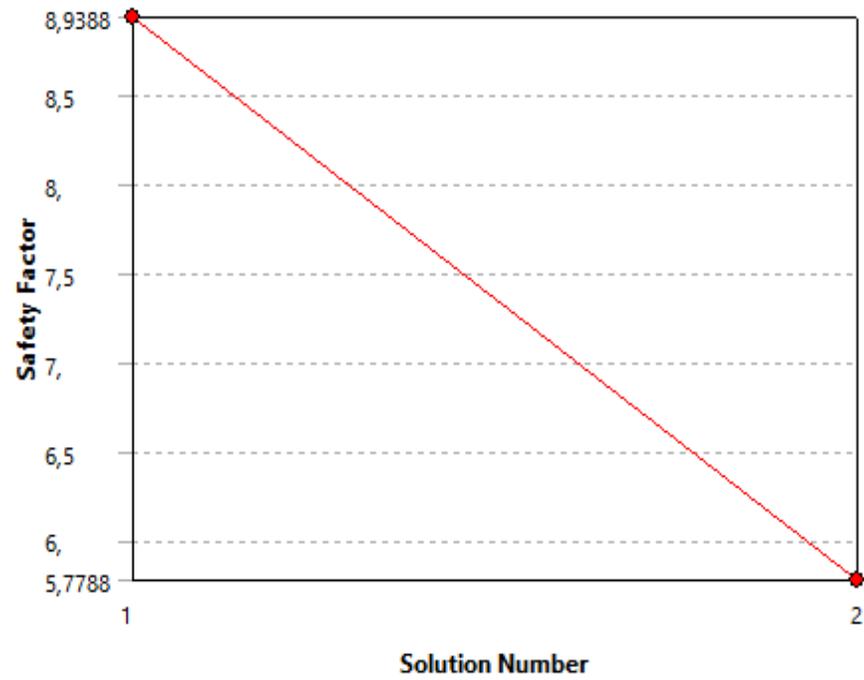


A: Ballesta Trasera NLR
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



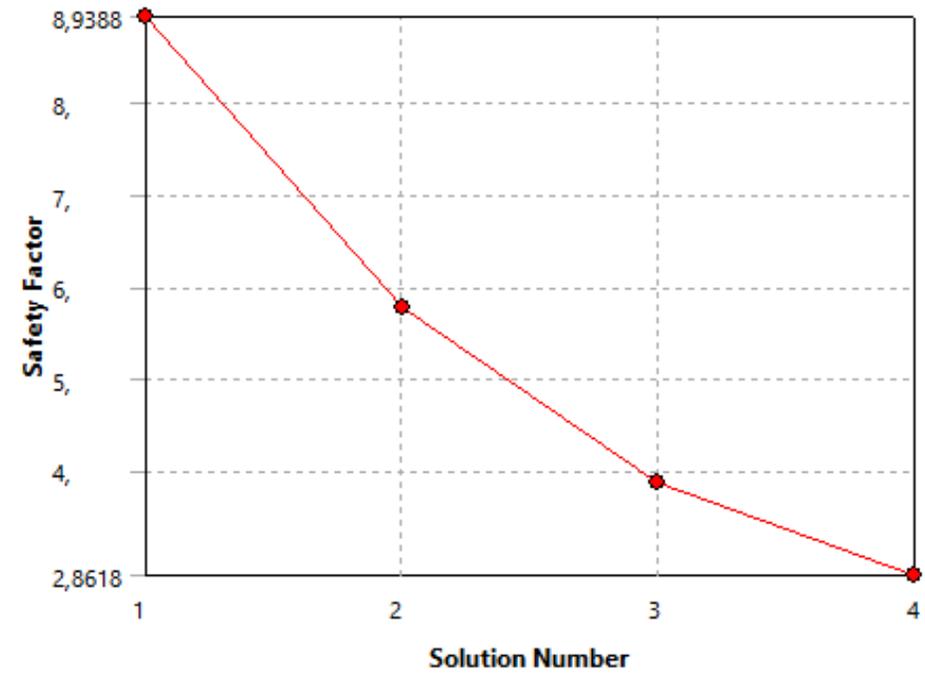
Convergence History

 Convergence



Convergence History

 Convergence



RESULTADOS DE LA BALLESTA ORIGINAL DEL CAMIÓN NLR

| Ballesta camión NLR | | | |
|--|-----------------|-------------|---------|
| Dato | Valor | Unidad | Símbolo |
| Longitud de la ballesta desde los centros de apoyo | 1050 | Milímetros | mm |
| Número de hojas | 5 | N/A | n |
| Espesor de las hojas | 18 | Milímetros | e |
| Ancho de las hojas de la ballesta | 70 | Milímetros | a |
| Material | AISI 6150 | | |
| Configuración | Tipo parabólico | | |
| Carga soportada por la ballesta | 1800 | Kilogramos | Kg |
| Fuerza aplicada | 18000 | Newton | N |
| Deformación Total | 0,064 | Milímetros | mm |
| Esfuerzo de Von-Misses | 87,36 | Mega Pascal | MPa |
| Factor de seguridad | 2,86 | N/A | |

A: Ballesta Trasera NLR

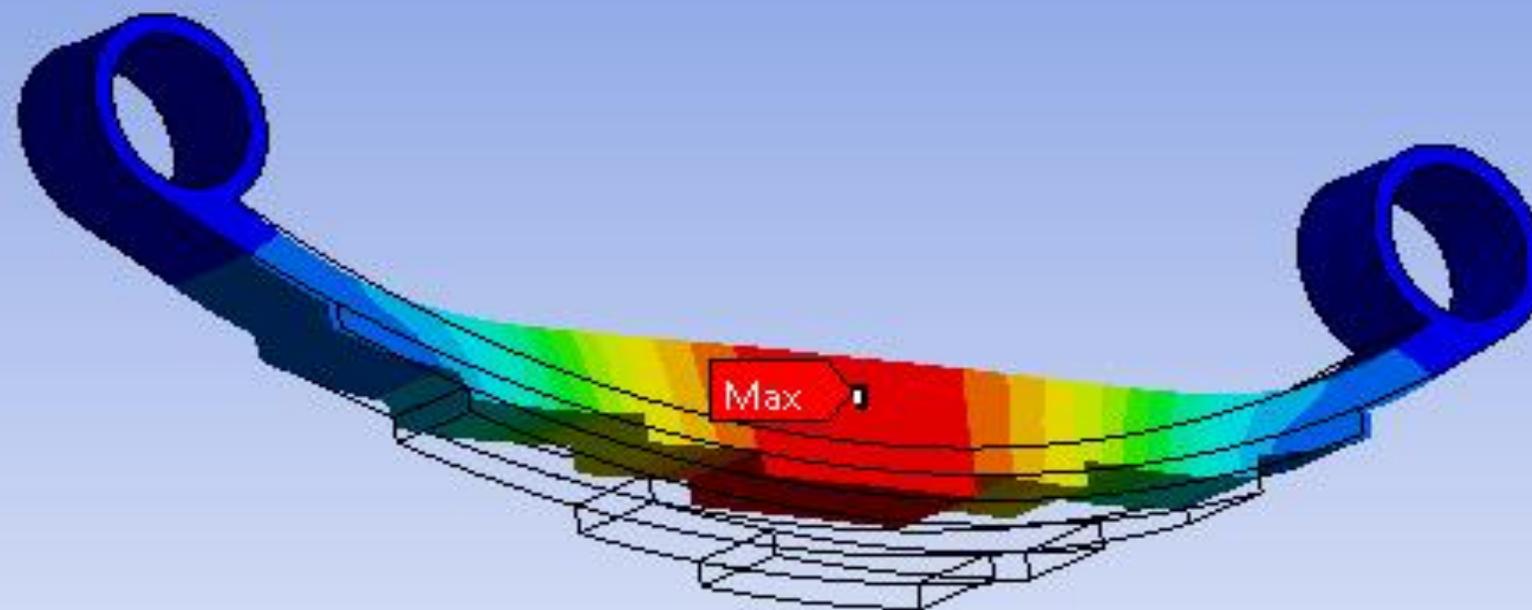
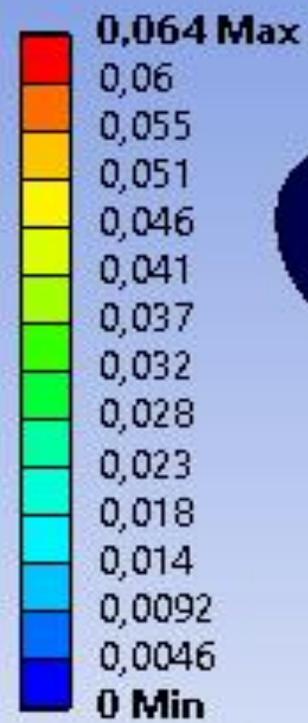
Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: mm

Time: 1

ANSYS
R16.2



A: Ballesta Trasera NLR

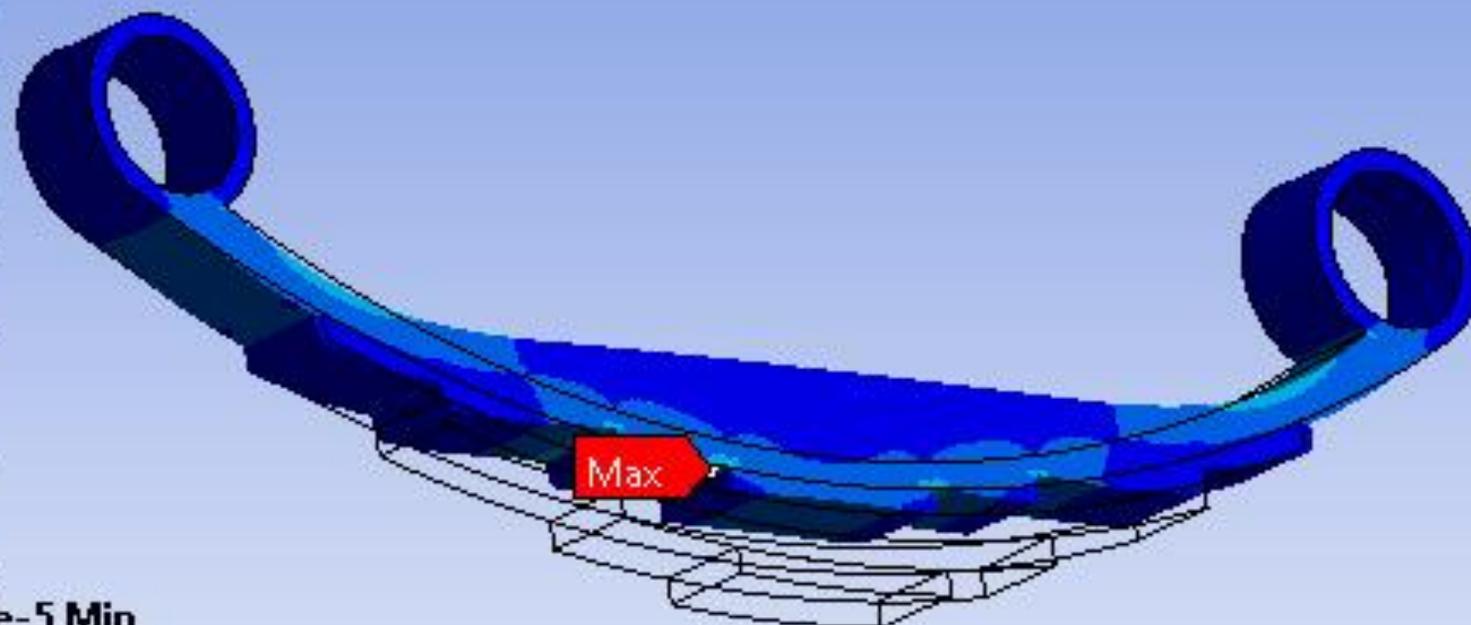
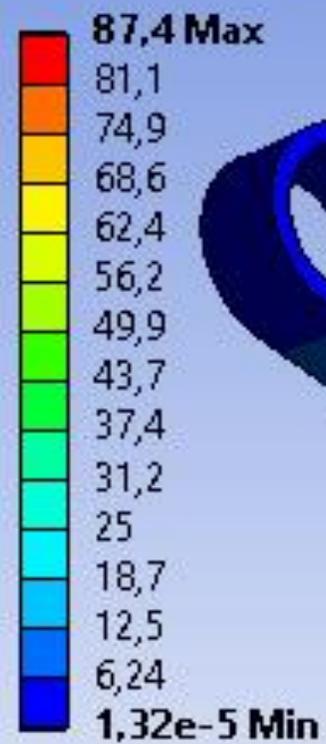
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

Time: 1

ANSYS
R16.2



A: Ballesta Trasera NLR

Safety Factor

Type: Safety Factor

Time: 1

ANSYS
R16.2

15 Max

14,5

14,1

13,6

13,2

12,7

12,3

11,8

11,4

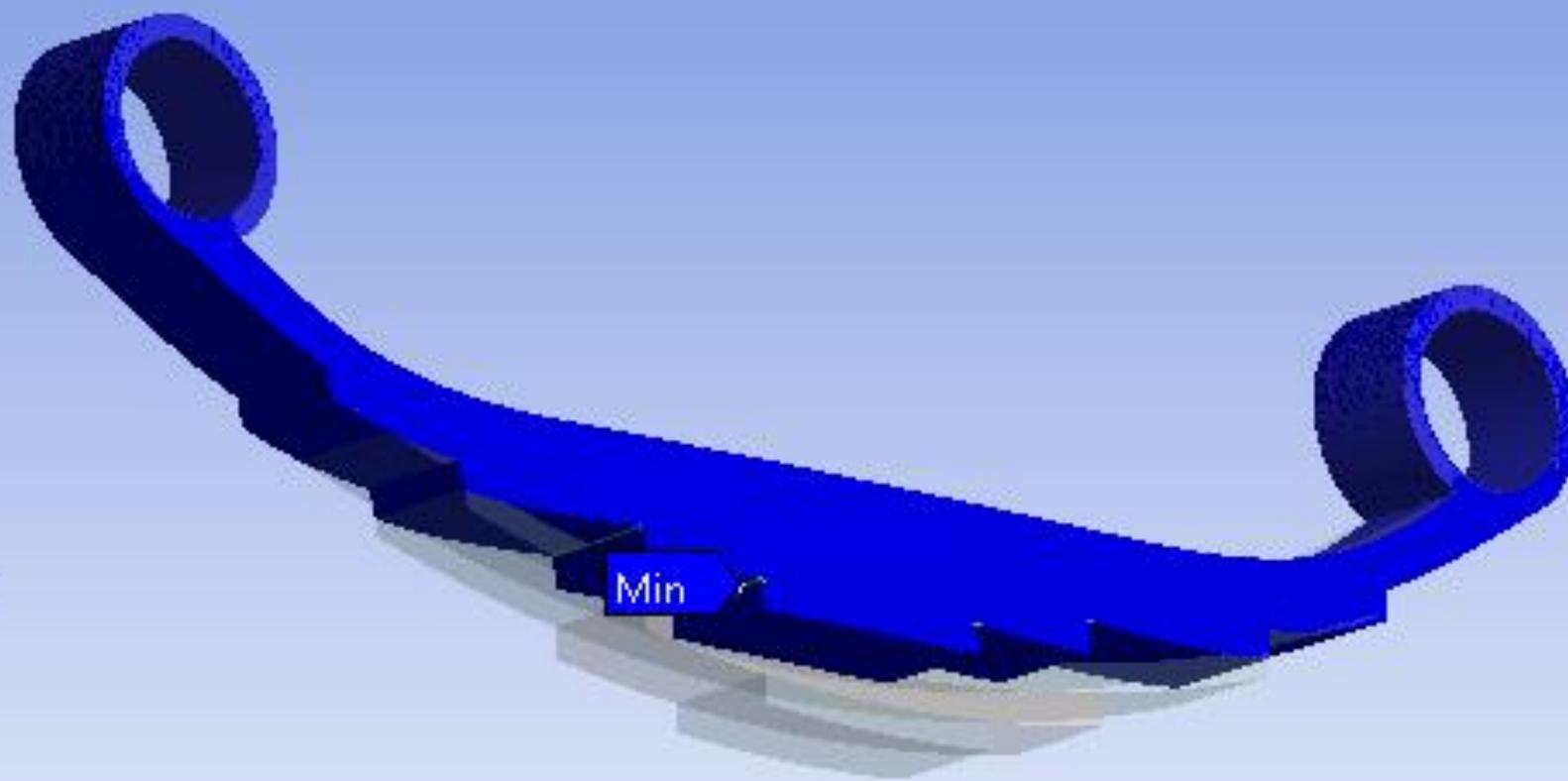
10,9

10,5

10

2,86 Min

0



RESULTADOS DE LA BALLESTA PROTOTIPO I

| Ballesta prototipo I | | | |
|--|-------------------------------|-------------|---------|
| Dato | Valor | Unidad | Símbolo |
| Longitud de la ballesta desde los centros de apoyo | 1100 | Milímetros | mm |
| Número de hojas | 5 | N/A | n |
| Espesor de las hojas | 20 | Milímetros | e |
| Ancho de las hojas de la ballesta | 70 | Milímetros | a |
| Material | AISI 5160 Templado y Revenido | | |
| Configuración | Tipo parabólico | | |
| Carga soportada por la ballesta | 1800 | Kilogramos | Kg |
| Fuerza aplicada | 18000 | Newton | N |
| Deformación Total | 0,05 | Milímetros | mm |
| Esfuerzo de Von-Misses | 84,02 | Mega Pascal | MPa |
| Factor de seguridad | 2,98 | N/A | |

B: Ballesta propuesta 1

Total Deformation

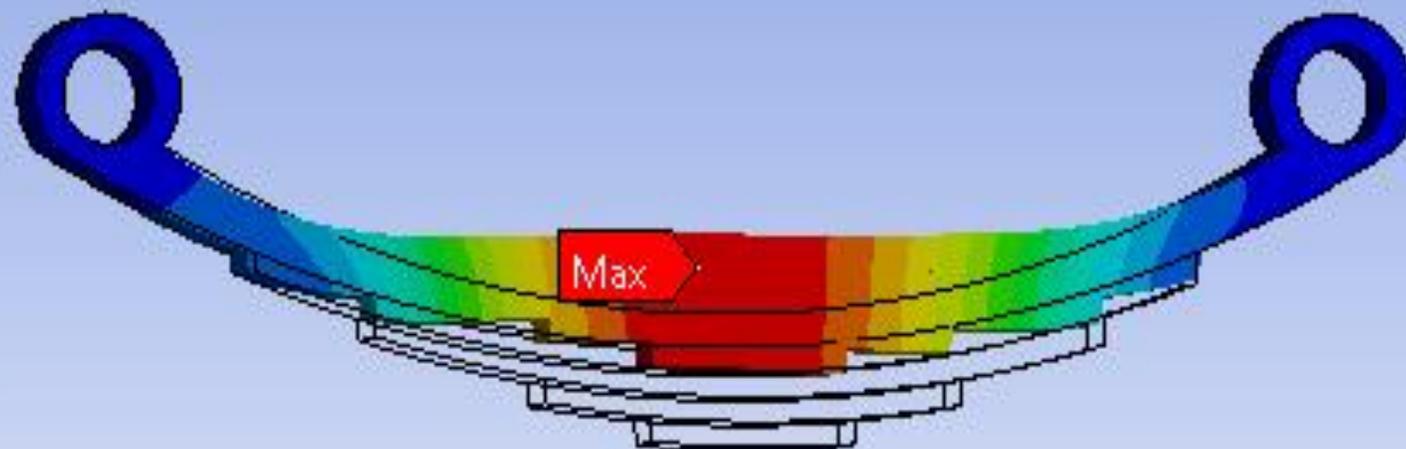
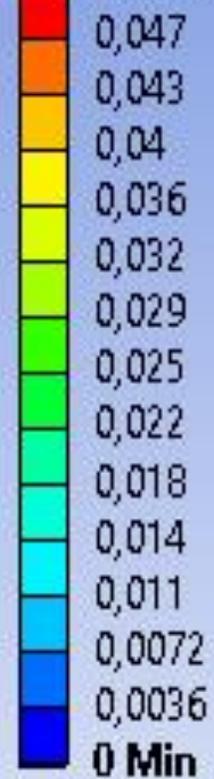
Type: Total Deformation

Unit: mm

Time: 1

ANSYS
R16.2

0,05 Max



B: Ballesta propuesta 1

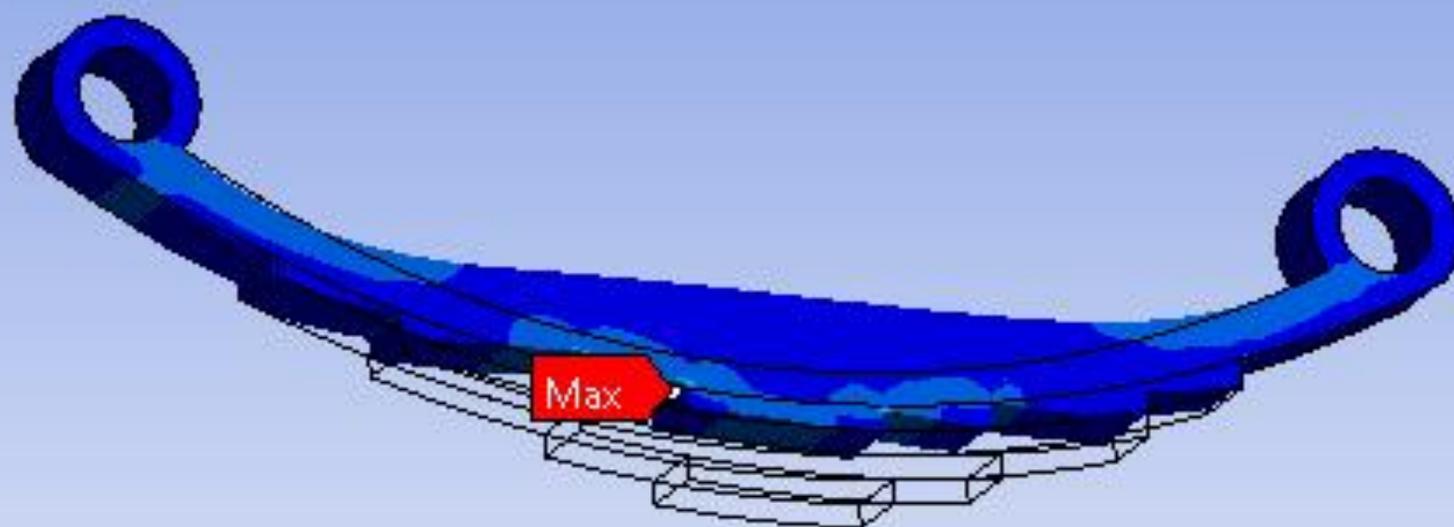
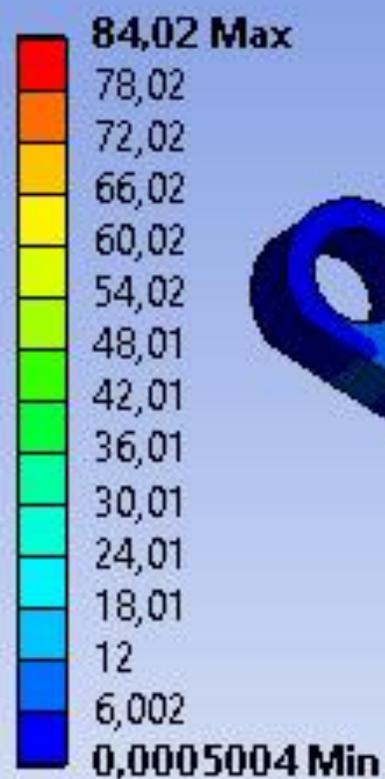
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

Time: 1

ANSYS
R16.2



B: Ballesta propuesta 1

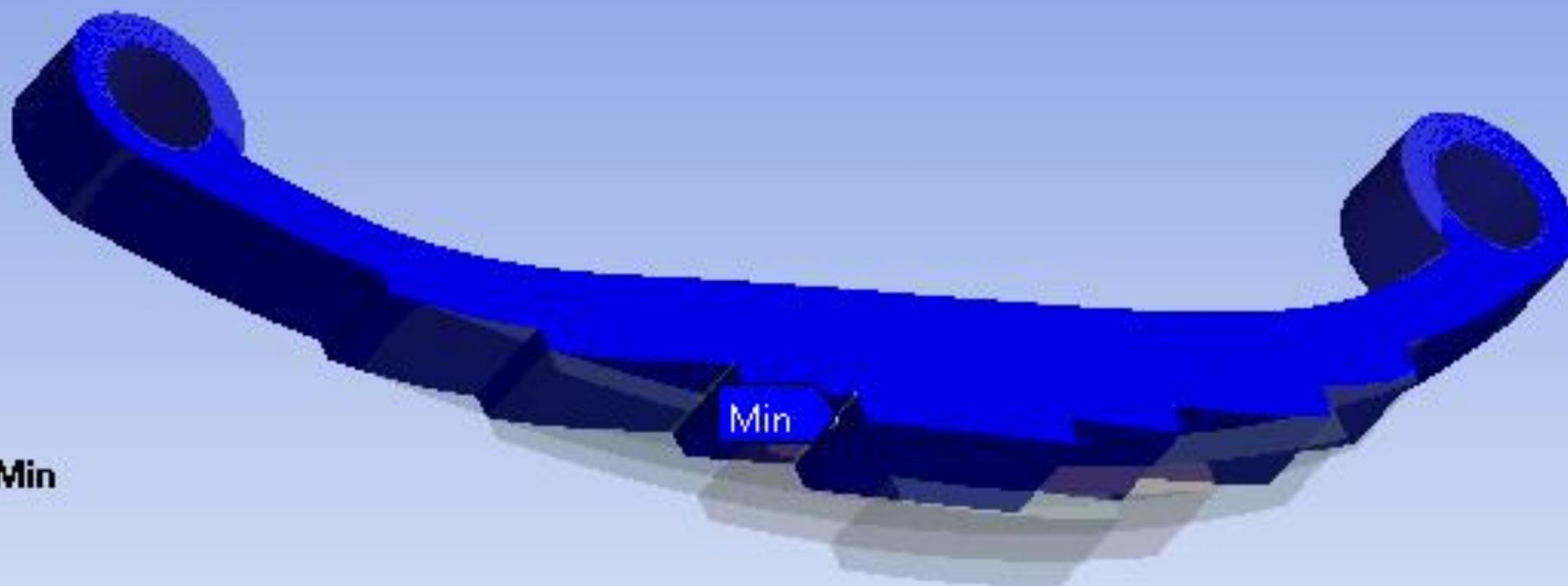
Safety Factor

Type: Safety Factor

Time: 1

ANSYS
R16.2

15 Max



RESULTADOS DE LA BALLESTA PROTOTIPO II

| Ballesta prototipo II | | | |
|--|--------------------------------|-------------|---------|
| Dato | Valor | Unidad | Símbolo |
| Longitud de la ballesta desde los centros de apoyo | 1120 | Milímetros | mm |
| Número de hojas | 7 | N/A | n |
| Espesor de las hojas | 10 | Milímetros | e |
| Ancho de las hojas de la ballesta | 40 | Milímetros | a |
| Material | AISI 5160 Templado y Revenido | | |
| Configuración | Tipo recta o forma de trapecio | | |
| Carga soportada por la ballesta | 1800 | Kilogramos | Kg |
| Fuerza aplicada | 18000 | Newton | N |
| Deformación Total | 1,84 | Milímetros | mm |
| Esfuerzo de Von-Misses | 655 | Mega Pascal | MPa |
| Factor de seguridad | 2,73 | N/A | |

C: Ballesta Recta

Total Deformation

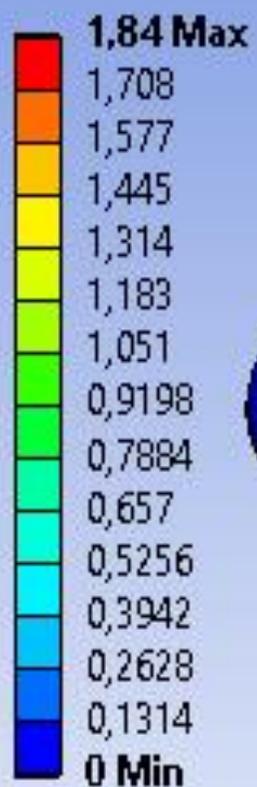
Type: Total Deformation

Unit: mm

Time: 1

8/7/2016 14:16

ANSYS
R16.2



C: Ballesta Recta

Equivalent Stress

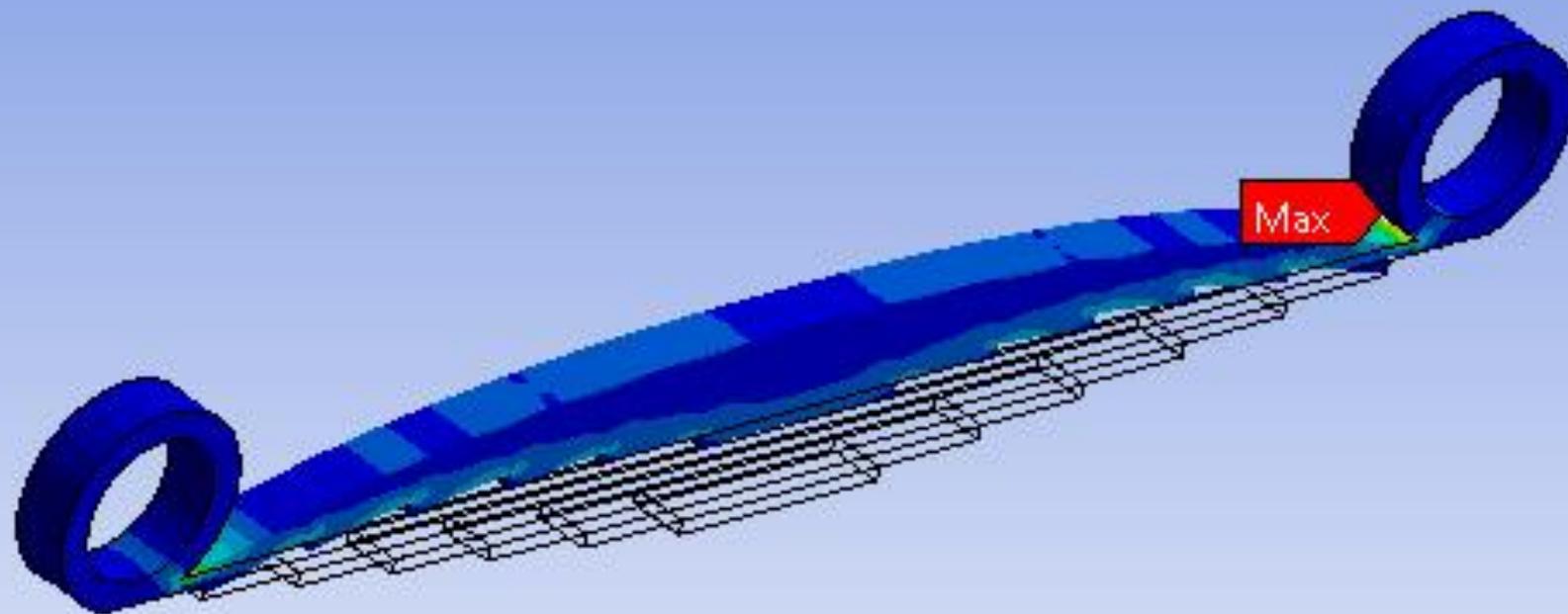
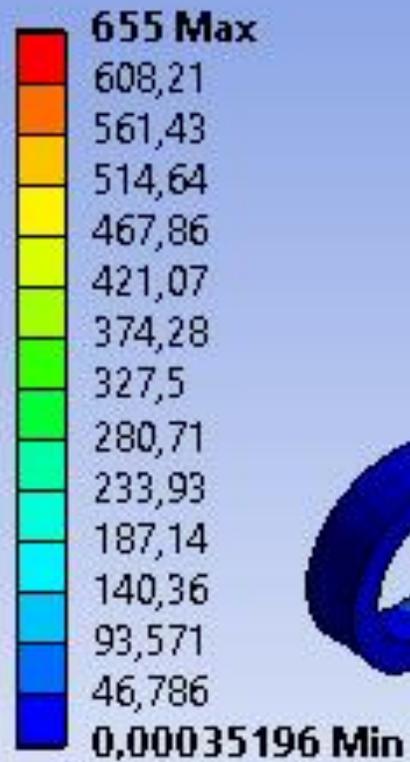
Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

Time: 1

8/7/2016 14:17

ANSYS
R16.2



C: Ballesta Recta

Safety Factor

Type: Safety Factor

Time: 1

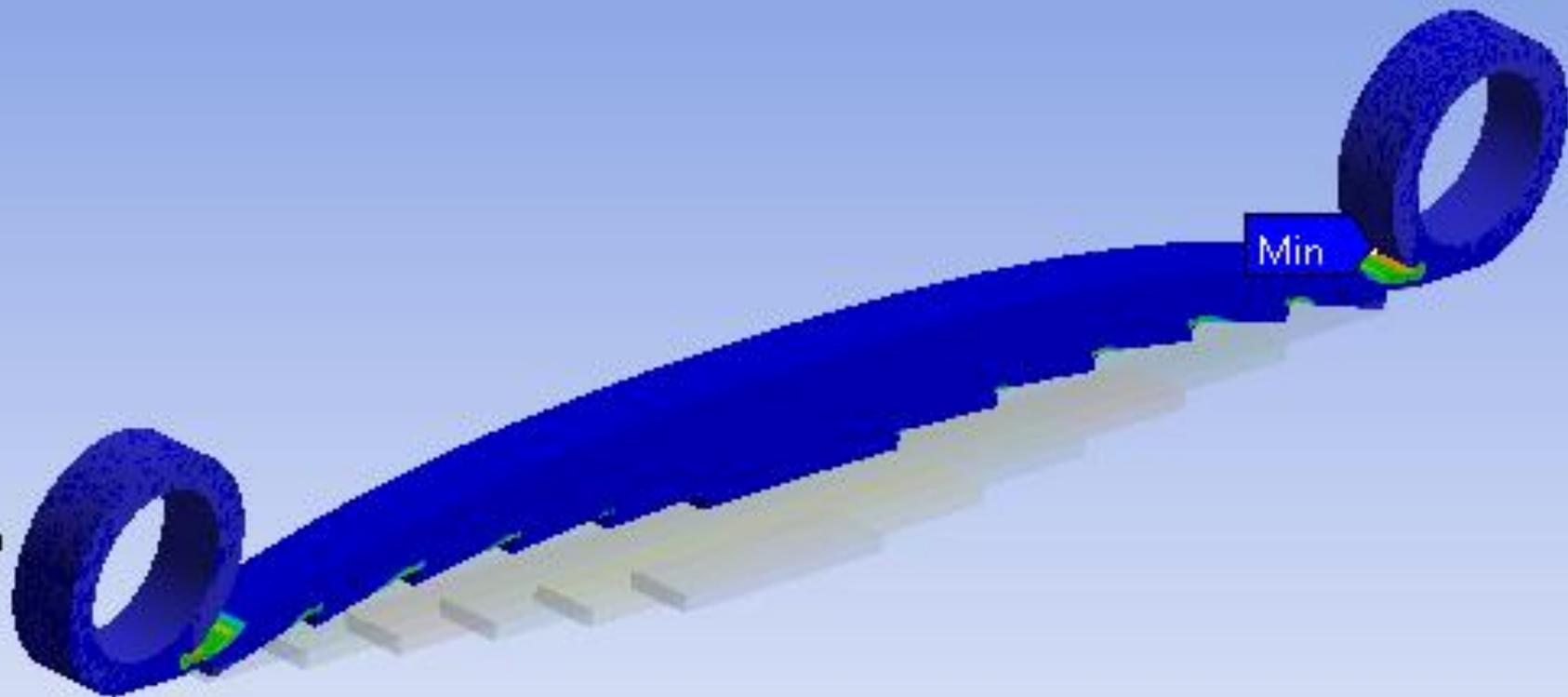
ANSYS
R16.2

15 Max



2,73 Min

0

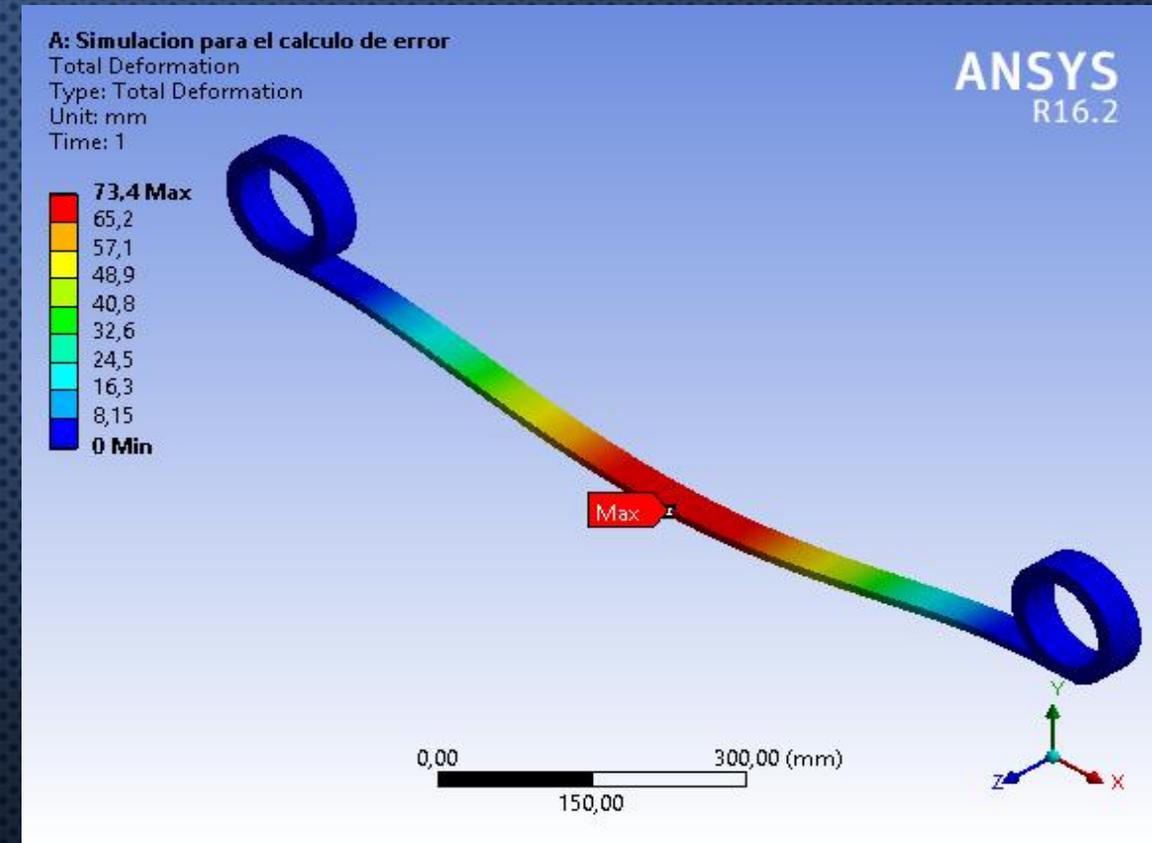


PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA SIMULACIÓN Y LO ANALÍTICO

| | |
|--|---------------|
| Módulo de Elasticidad | 190 - 210 GPa |
| Distancia entre los apoyos de la Ballesta | 1120 mm |
| Ancho de la ballesta | 40 mm |
| Espesor | 10mm |
| Peso soportado por la ballesta | 1800 kg |
| Deformación proporcionada por la simulación | 73,4 mm |
| Diferencia entre el valor de la deformación teórica y la de la simulación. | 1,9mm |

$$\phi_{teorica} = \frac{1800 * 1120^3}{4 * (210000) * 40 * (10^3)} = 75.3 \text{ mm}$$

$$\% \text{ de error} = \frac{1,9 * 100\%}{75,3} = 2,52\%$$



AHORRO ECONÓMICO

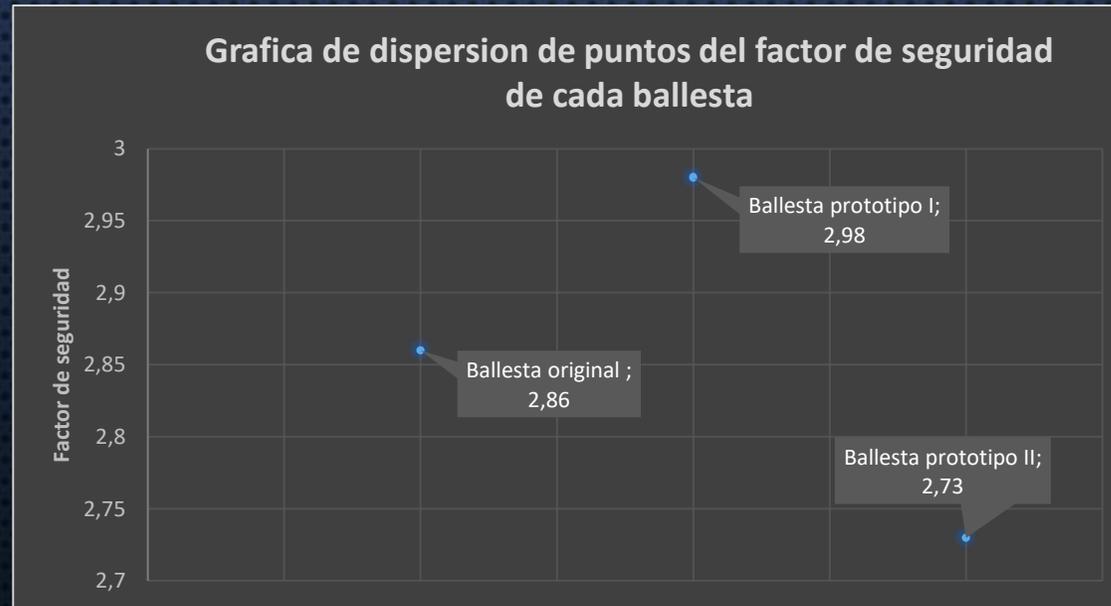
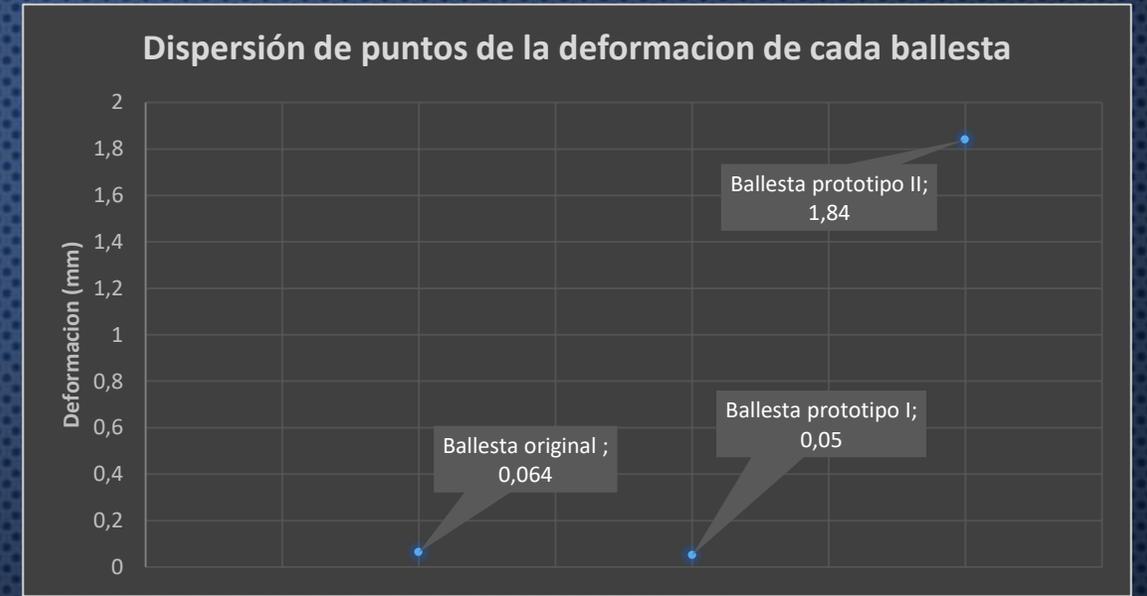
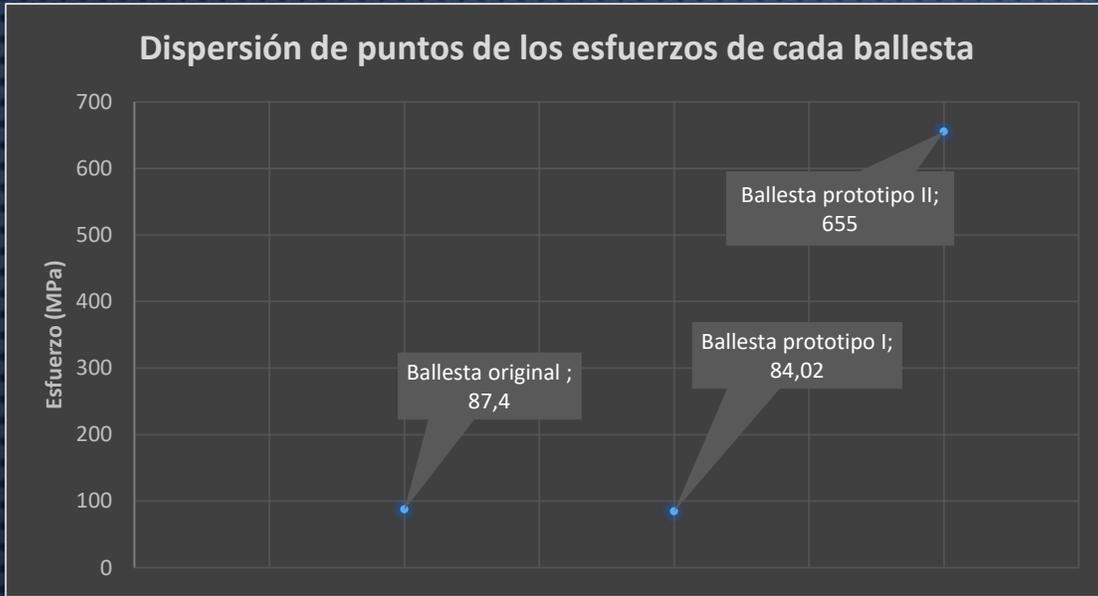
| | |
|---|----------|
| Ballesta original del camión NLR | \$210,14 |
| Ballesta prototipo II | \$132 |
| Ahorro entre la ballesta original del camión NLR y la ballesta prototipo II | \$78,14 |

$$\% \text{ de ahorro} = \frac{78,14 * 100\%}{210,14} = 37,2\%$$

| Proforma de la Ballesta del Camión NLR | | |
|--|----------------|----------------------------|
| Ítem | Valor Unitario | Valor Total(incluido IVA) |
| 1) Ballesta trasera camión NLR | \$180.72 | \$210.14 |

| Proforma de la fabricación de los prototipos I y II de Ballestas | | |
|--|----------------|-----------------------------|
| Ítem | Valor Unitario | Valor Total (incluido IVA) |
| 1) Ballesta de configuración parabólica (Prototipo I) | \$132 | \$150.48 |
| 1) Ballesta de configuración recta (Prototipo II) | \$113.52 | \$132 |

GRAFICAS DE DISPERSION DE PUNTOS



CONCLUSIONES

- EL PROTOTIPO I DE BALLESTA PRESENTA UN MENOR ESFUERZO DE VON-MISSES CON RELACIÓN AL PROTOTIPO II, CON UN FACTOR DE SEGURIDAD QUE SOBREPASA EN 7,4% DEL RANGO PERMITIDO, LO CUAL GENERA QUE LA BALLESTA DEL PROTOTIPO I ESTÁ SOBREDIMENSIONADA Y POR TANTO TENGA UN MAYOR COSTO ECONÓMICO EN COMPARACIÓN CON EL PROTOTIPO II
- EL PROTOTIPO II DE BALLESTA PRESENTA VENTAJAS FRENTE A LA BALLESTA ORIGINAL DEL CAMIÓN EN ESTUDIO EN LO QUE SE RELACIONA A LA MASA CON UNA DISMINUCIÓN DEL 31,25% Y AL COSTO ECONÓMICO CON UN AHORRO DEL 37.2%; PUES, SE INVIERTE MENOR CANTIDAD DE TIEMPO EN LA FABRICACIÓN DE CADA UNA DE LAS HOJAS QUE SON DE CONFIGURACIÓN RECTA; CABE MENCIONAR QUE EN ECUADOR UNA DE LAS EMPRESAS MÁS RECONOCIDAS DENTRO DEL CAMPO AUTOMOTRIZ EN LA CATEGORÍA DE ELEMENTOS FLEXIBLES ES VANDERBILT, LA CUAL PREFERE MANUFACTURAR LOS PRODUCTOS CON MATERIALES EXISTENTES EN EL PAÍS Y BAJO NORMATIVA VIGENTE SIEMPRE Y CUANDO ASEGUREN EL CUMPLIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE CARGA PROPIAS DE CADA VEHÍCULO.
- EN EL PROTOTIPO II SE INCREMENTÓ LA LONGITUD DE LA BALLESTA DESDE LOS CENTROS DE APOYO EN 70MM Y EL NÚMERO DE HOJAS EN 2; Y SE REDUJO EL ESPESOR EN 8MM Y EL ANCHO EN 30MM; LO QUE OCASIONA UN INCREMENTO EN LA DEFORMACIÓN TOTAL EN UN 96.52% Y EN EL ESFUERZO DE VON-MISSES EN 86.66% CON RELACIÓN A LOS VALORES DE LA BALLESTA ORIGINAL, SIN EMBARGO VALE DESTACAR QUE EL FACTOR DE SEGURIDAD DE 2.73 Y ESTÁ DENTRO DEL RANGO DE TOLERANCIA ESTABLECIDO POR LA NORMA SAE.

RECOMENDACIONES

- REALIZAR UN ANÁLISIS DE FATIGA PROPIO DE CADA PROTOTIPO DE BALLESTAS, CON EL FIN DE DETERMINAR LOS CICLOS DE TRABAJO Y EL TIEMPO DE VIDA DEL ELEMENTO.
- TAMBIÉN CABE MENCIONAR QUE SE DEBE TENER UN CONOCIMIENTO PREVIO ACERCA DE: ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS, CONDICIONES DE CONTORNO, ESENCIALES, NATURALES, FRONTERA, MALLADO Y CONVERGENCIA PARA PODER INTERPRETAR LOS RESULTADOS QUE SE OBTIENEN

GRACIAS POR LA ATENCIÓN

